

فصل اول

نور و الکترومغناطیس و کاربرد قوانین نور در پزشکی

By: N. Gheibi (Ph.D of Biophysics)

Qazvin University of Medical Sciences

مقدمه

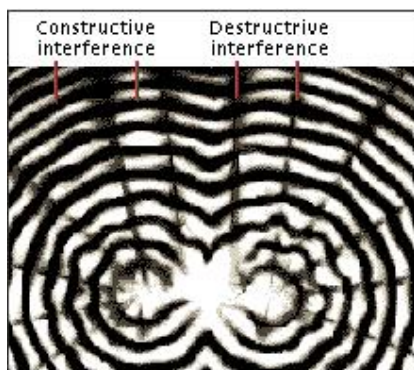
تاریخچه استفاده نور به کاربرد درمانی آن توسط ایرانیان و یونانیان برمی گردد. افرادی که مبتلا به بیماری آبله بودند (عامل بیماری: ویروس Ebola) در اتاقهایی با نور قرمز و با پردههایی قرمز رنگ نگهداری می شدند. نور قرمز باعث بهبود آبله می شد.

● تئوری های نوری

۱- تئوری ذره ای

این تئوری توسط نیوتن بیان شد و اظهار می دارد که نور به صورت ذرات بی جرم در مسیر مستقیم با سرعت $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ حرکت می کند.

این تئوری، پدیده های بازتاب^۱ و شکست نور^۲ را توجیه می کند ولی پدیده تداخل^۳ و تفرق^۴ یا پراکنش را نمی تواند توجیه کند.



تفرق: علت تشکیل هاله ای در اطراف مجراهای عبور نور، نشان دهنده این است که نور پراکنده می شود.

تداخل: این پدیده بین دو پرتو نور به علت این که دامنه و فازشان در چه وضعیتی نسبت به هم باشد، پیش می آید. در صورتی که فاز هر دو یکسان باشد، همدیگر را تشدید می کنند و آن نواحی روشن تر می شود. در جاهایی که در فاز مخالف باشند، آن ناحیه تاریک می شود.

۲- تئوری موجی

این تئوری توسط هویگنس و فرنل ارائه شد که مطابق آن هر منبع نورانی به صورت یک نوسان ساز عمل می کند که امواج را بصورت کره های متحد المרכזی تولید می کند و در یک محیط الاستیک (بخار اتر) گسیل می نماید. اشکال این تئوری آن بود که می گفت نور برای گسیل نیاز به محیط مادی دارد و در خلاء هم گسیل نمی شود.

۱ - Reflection

۲ - Refraction

۳ - Interference

۴ - Diffraction

علت این اشتباه آن بود که این دو دانشمند برای آزمایشاتشان از محیطی دارای گاز اتر استفاده می کردند. این تئوری همچنین پدیده تداخل و تفرق را نیز پوشش می دهد.

☑ دو نکته مهم در این تئوری وجود دارد: ☞ انرژی نور وابسته به نوسانات منبع نوسان است.

☞ امواج نوری به صورت کرات متحد المركز منتشر می شوند.

۳- تئوری پلانک (کوانتومی)

این تئوری که توسط ماکس پلانک بیان شد، نور را مجموعه ای از بستکهای انرژی می دانست که در آن هر بستک انرژی، دارای مقداری انرژی است که این انرژی حاصل نوسان منبع بوجود آورنده و متناسب با آن است.

📌 **کمیت کوانتیده** : کمیتی است که مقدارش، مضربی صحیح از یک مقدار پایه باشد. به عنوان مثال الکتریسیته که مقدار پایه آن بار یک الکترون است.

نور هم کمیت کوانتایی است. انیشتین، این بستکهای انرژی را فوتون نامید. انرژی هر فوتون از رابطه ی

$E = h\nu$ به دست می آید. که در آن ν بسامد فوتون و h ثابت پلانک و برابر 6.636×10^{-34} می باشد.

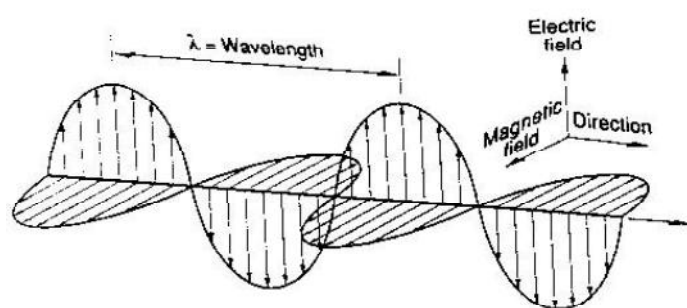
بنابراین انرژی هر فوتون به بسامد آن بستگی دارد.

وقتی نور سفید را تفکیک می کنیم، آن را به صورت طیفی پیوسته از رنگهای مختلف می بینیم که به ترتیب عبارتند از: بنفش، نیلی، آبی، سبز، زرد، نارنجی و قرمز. این طیفهای نور از نظر سطح انرژی متفاوتند و فوتون هر رنگ با رنگ دیگر متفاوت است. مقدار بنیادین هر کدام از این رنگها متفاوت و خاص خودش است. یک پرتو از تعداد صحیحی فوتون تشکیل شده است و انرژی کل آن برابر است با $E = nh\nu$ ؛ به عنوان مثال علت پراثریتر در نظر گرفتن نور آبی نسبت به قرمز این است که انرژی هر فوتون نور آبی نسبت به نور قرمز بیشتر است.

☑ **توجه:** انیشتین، تئوری ذره ای را کاملاً قبول داشت ولی موجی را رد می کرد. زیرا می گفت: "پدیده فوتوالکتریک تنها با تئوری ذره ای قابل توجیه است."

۴- تئوری ماکسول

بر اساس این نظریه، نور ماهیت الکترومغناطیسی دارد یعنی از دو میدان عمود بر هم الکتریکی و مغناطیسی که درخلاء با سرعت 3×10^8 m/s سیر می کند، تشکیل شده است.



الکترومغناطیس یک موج بخصوص و منحصر به فرد نیست، بلکه محدوده‌ای از پرتوهای متنوع است که این پرتوها از موجهایی با انرژی بالا، فرکانس بالا و طول موج کوتاه تا موجهایی با انرژی کم، فرکانس کم و طول موج بلند تشکیل شده‌اند. ولی

مشخصه‌ی اصلی این پرتوها سرعت ثابت آنهاست که همان سرعت نور (c) می باشد و داریم:

$$c = \lambda v \Rightarrow v = \frac{c}{\lambda}$$

طیف امواج الکترومغناطیس

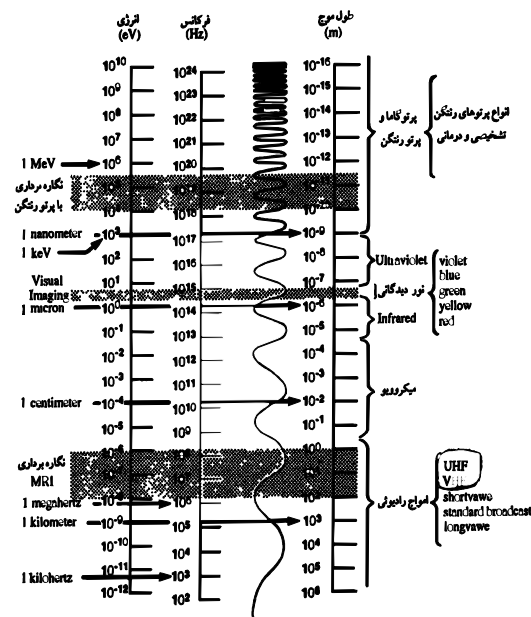
نام	محدوده طول موج	نام	محدوده طول موج
γ	کمتر از ۰/۱ nm	IR (فرو سرخ)	۸۰۰ - ۴۰۰۰ nm
X	۰/۱ - ۱۰۰ nm	امواج میکروویو	۴۰۰۰ nm - ۱ m
UV (فرابنفش)	۱۰۰ - ۴۰۰ nm	امواج رادیویی کوتاه (SRW)	۱ - ۳ m
مرئی	۴۰۰ - ۸۰۰ nm	امواج رادیویی بلند	۳ - ۳۰۰ m

نکته: هرچه از بالای جو به پایین آن می آییم، غلظت امواج در محیط حیاتی ما بیشتر می شود.

منشأ امواج الکترومغناطیس متفاوت است. مثلاً پرتوی گاما (γ) از فعل و انفعالات هسته بوجود می آید درحالی که نقل و انتقالات الکترونی پرتو x را به وجود می آورند. بدین صورت که وقتی الکترون یک اتم از حالت پایه^۱ به حالت برانگیخته^۲ می رود، ناپایدار است. به همین دلیل انرژی انتقالی را به هنگام برگشت به حالت پایه به

صورت فوتون گسیل می‌کند. انرژی این فوتون برابر است با $E_\gamma = E_2 - E_1$. این پرتوها را پرتوهای X نشری^۱ گویند.

این پرتوهای نشری دارای انرژیهای متفاوتند. هیچ دو اتمی یافت نمی‌شود که تفاوت انرژی دو لایه متوالی آنها یکسان باشد. به همین دلیل به آن اثر انگشت اتمی^۲ گویند.



موتاسیون: انرژیهای بالا مانند x و γ قدرت یونش دارند. اگر بدن ما متأثر از یونش شود یونیزاسیون ایجاد می‌شود و این باعث شکست DNA می‌شود که به آن موتاسیون می‌گویند. از نور مرئی به سمت انرژیهای پائین تر و UV، یونیزاسیون ایجاد نمی‌شود بلکه نقل و انتقال الکترون صورت می‌گیرد.

۵- تئوری جدید (لوئی دوبروی)

بیان می‌کند که هر ذره‌ای به جرم m و سرعت v در یک محیط هم پتانسیل دارای یک طول موج همراه^۳ است که

$$\lambda \propto \frac{1}{mv}$$

این طول موج با اندازه حرکت آن ذره mv نسبت عکس دارد.

۱- Emission

۲- X-Ray Characteristic Spectrum

۳- Pilot

اصل دوگانگی، دو نظریه ذره‌ای و موجی را تلفیق می‌کند و بیان می‌دارد که دو نظریه موجی و ذره‌ای نه تنها ناقض هم نیستند، بلکه در توافق با یکدیگر هستند. به همین دلیل به این تئوری اصل مکملیت^۱ می‌گویند.

بر این اساس دوبروی ثابت کرد، ذره‌ای به جرم m و سرعت v دارای یک موج همراه است که طول موج آن از رابطه

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

رو به رو به دست می‌آید:

وقتی جرم بیشتر و سرعت کم باشد، تئوری ذره‌ای غالب است. اگر هم جرم کمتر و سرعت بیشتر باشد، نظریه موجی غالب است. مثلاً در ذره‌های بزرگ که سرعت کم دارند، موج همراه را نادیده می‌گیریم. همچنین وقتی الکترون در اطراف هسته می‌چرخد نقل و انتقال مهم نیست بلکه اثرات و حرکات موجی آن در اطراف هسته بررسی می‌شود.

☑ اصل هایزنبرگ: اصل عدم قطعیت زمانی و مکانی که بحث حرکات موجی بودن را بیان می‌کند.

قوانین نور و کاربرد آن در پزشکی

۱- قانون جذب نور^۲

وقتی پرتوی نورانی (فوتونهای پرانرژی) وارد یک محیط می‌شود، جذب محیط شده به آن محیط انرژی وارد می‌کند. این پرتو هم سطح مولکولی و هم سطح اتمی، محیط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطح مولکولی، باعث فرایندهای ارتعاشی^۳، چرخشی^۴ و انتقالی^۵ می‌شوند. در سطح اتمی هم این انرژی باعث نقل و انتقالات الکترون یا تبدیلات داخلی می‌شوند.

انرژی ورودی \longleftrightarrow نقل و انتقالات خارجی و یا تبدیلات داخلی

تبدیلات داخلی: هر سه فرآیند چرخش، ارتعاش و انتقال، سه فرآیند داخلی ناشی از تحریک فوتون محسوب می‌شوند.

۱ - Complimentary

۲ - True Absorbtion

۳ - Vibrational

۴ - Rotational

۵ - Translational

اگر لایه‌ها را بشکافیم هر لایه الکترونی به لایه‌های ارتعاشی تقسیم می‌شود. در این لایه هر ذره در مکان خود به نوسان در می‌آید. به همین ترتیب اگر انرژی فرودی کمتر شود هر لایه ارتعاشی را به لایه‌های چرخشی تقسیم می‌کند. هر لایه چرخشی خود به لایه‌های انتقالی تقسیم می‌شود و با انرژی کمتری، مختصات مکانی الکترون تغییر می‌کند.

☑ هرچقدر از لایه‌های ارتعاشی به سمت لایه‌های چرخشی و بعد از آن لایه انتقالی می‌رویم، انرژی لایه‌ها کمتر ولی جابجایی بیشتر می‌شود.

نقل و انتقالات خارجی: چنانچه نقل و انتقال الکترون، در لایه‌های اصلی رخ دهد، این فرایند را فرایند خارجی یا الکترونی می‌نامند.

پرتو ورودی ممکن است وارد لایه E_1 شود و الکترون آن لایه را وارد لایه E_2 کند (از لایه پایدار به برانگیخته منتقل نماید). در این حالت انرژی فوتون فرودی ($h\nu$) باعث برانگیخته شدن اتم می‌شود. حال الکترون بلافاصله به لایه اولیه باز می‌گردد و انرژی خود را طی فوتون ثانویه از دست می‌دهد که انرژی این فوتون حتماً اختلاف انرژی دو لایه می‌باشد. $h\nu' = E_2 - E_1$

مثالی از قانون جذب نور، فرایندهای فوتوشیمیایی است. فوتوشیمیایی، فرایندهایی است شیمیایی که با انرژی فوتونها انجام می‌گیرند. مثلاً گیرنده‌های پروتئینی بنام Photoreceptor در سلولهای مخروطی و استوانه‌ای چشم وجود دارند که فوتونها را می‌گیرند و در طی فرایند فوتوشیمیایی سیگنال بینایی تولید می‌کنند.

☑ **توجه:** فوتوشیمیایی، ناشی از جذب نور مرئی است.

همانطور که گفته شد، بعضی از فرایندهای جذب در سطح مولکول رخ می‌دهد. مثلاً یک مولکول مثل آب که

بافتهای بدن را تشکیل می‌دهد، مولکولی دو قطبی است و دارای یک گشتاور است که مولکول حول آن چرخش

می‌کند. این مولکول تقارن دارد و مثل همه مولکولهای تشکیل دهنده بدن در حال حرکتهای چرخشی، انتقالی و

ارتعاشی است. اگر این مولکول را از حالت پایه به حالت برانگیخته ببریم (با دادن انرژی فرودی $h\nu$) اگر جهت

چرخش آب ساعتگرد باشد، با دادن انرژی به آن در یک آن به پاد ساعتگرد تبدیل می‌شود، برانگیخته شده، قابل

برگشت به حالت پایه است. اگر انرژی جذبی، یک فوتون باشد، جذب مولکول می‌شود و در هنگام برگشت، انرژی را

بصورت فوتون ثانویه نشری برمی گرداند. امواج تابیده شده در این فرایند از نوع ماکروویو هستند و پرتوهای نشری مولکولهای آب از نوع IR می باشد که همان جنس گرماست.

سیستم های تصویربرداری MRI^۱

این تکنیک تصویربرداری ناشی از تشدید مغناطیسی هسته اتمهای عناصر خاص است. در بدن، برای این عمل باید از عناصری استفاده کرد که بیشترین درصد عناصر بدن را تشکیل می دهند. این عناصر عبارتند از: کربن - هیدروژن - اکسیژن - نیتروژن.

چون هیدروژن ساده ترین اتم موجود در بدن است، از هسته تک پروتونه ی هیدروژن ، در تصویربرداری MRI استفاده می شود. ولی این عنصر می تواند متفاوت باشد مثلاً کربن.

همانطور که می دانیم الکترون دارای حرکت چرخشی است. علاوه بر الکترون، پروتون نیز حرکت چرخشی دارد. اگر حرکت چرخشی پروتون در حالت عادی در جهت عقربه های ساعت باشد که حالت پایه آن است و یک پرتو آن را به حالت تحریک ببرد، حرکت آن معکوس می شود. پروتون تحریک شده در ضمن بازگشت به حالت پایه از خود امواج الکترومغناطیس گسیل می کند. موج تحریکی پروتون از نوع RF (امواج رادیویی) و موج تولیدی هم از نوع RF است .

اساس تصویرگیری MRI: در سطح مقطعی از بدن ابتدا با میدان مغناطیسی خارجی قوی ، گشتاورهای پروتون را به یک سمت القا کرده، سپس یک سری امواج RF را یک لحظه تابانده، حال پرتونها در یک لحظه به حالت ناپایدار رفته و وقتی به حالت پایدار برمی گردند امواجی با انرژی $h\nu'$ را تولید می کنند که این امواج هم از نوع RF هستند. حال یک سری آشکار ساز (دکتور) که در همان سطح مقطع بدن قرار گرفته اند براساس فواصل زمانی که امواج به دکتورها می رسند، فواصل مکانیشان را نشان می دهند. اکنون براساس اطلاعات دریافت شده، تصویر سطح مقطع پردازش شده روی مانیتور مشخص می شود.

کاربردهای جذب در پزشکی

لومینه سانس^۱

لومینه سانس فرایندهایی هستند که باعث نشر نور مرئی می شوند. (لومینا: وابسته به نور) در این فرایند پرتو نور، جذب مولکولی با خاصیت لومینه سانس می شود و آن را تحریک می کند. هنگامی که مولکول تحریک شده به حالت پایه برمی گردد، یک پرتو ثانویه از نوع مرئی گسیل می کند.

لومینه سانس بر اساس عامل تحریک و جذب، به سه نوع الکترونی، فوتونی و شیمیایی تقسیم بندی می شود که به ترتیب الکترولومینه سانس، فوتولومینه سانس و کیمولومینه سانس نام گذاری می شوند. در این بین فوتولومینه سانس بیشترین کاربرد را دارد و خود بر اساس زمان نشر پرتوی ثانویه به دو پدیده تقسیم می شود:

(۱) فلئورسانس^۲: اگر برگشت به حالت پایه و نشر نور، آنی باشد. (10^{-4} S تا 10^{-14} S)

(۲) فسفرسانس^۳: اگر نشر نور مرئی طولانی تر از 10^{-4} S باشد.

فلئورسانس در تشخیص اسکناس های جعلی و در مانیتورهای اسیلوسکوپ در بیمارستان کاربرد دارد.

☑ مهمترین نکته در لومینه سانس این است که نور نشری همواره از نوع نور مرئی است.

فلئورسانس

فلئورسانس بر دو گونه است: (۱) ذاتی^۴ (۲) خارجی^۵

(۱) فلئورسانس ذاتی (Internal)

در این نوع، مولکول ذاتاً دارای خاصیت فلئورسانس است. مثلاً تتراسایکلین دارای فلئورسانس ذاتی است. این آنتی بیوتیک برای تعیین بافت هدف آنتی بیوتیک، بصورت Oral مصرف می شود. برای تشخیص بافت هدف، نمونه برداری شده و اسلاید گرفته می شود. در زیر میکروسکوپ مخصوصی به نام فلئورسنت که تابش جذبی از جنس فرابنفش دارد، نمونه ها دیده می شوند. نمونه ها زیر میکروسکوپ نور را جذب می کنند و به حالت برانگیخته می روند و در حالت برگشت نور مرئی گسیل می کنند که نور گسیلی به کمک چشمی های میکروسکوپ قابل دیدن

۱- Luminescence

۲- Fluorescence

۳- Phosphorescence

۴- Internal

۵- External

است و در آن بافت هدف آنتی بیوتیک درخشندگی دارد. بسیاری از میکرو ارگانیسم‌ها در دیواره خود مولکول‌هایی با این خاصیت دارند که با نمونه برداری می‌توانیم وجود آنها را در صورت نیاز تشخیص دهیم.

۲) فلئورسانس خارجی (External)

در این حالت، مولکول خاصیت فلئورسانس را ندارد بلکه ما این خاصیت را به آن القا می‌کنیم. این فرایند را نشاندار کردن^۱ گویند. از این روش در موارد متعددی استفاده می‌شود که در ادامه به چند نمونه اشاره خواهیم کرد:

الف) روشهای ایمونوفلئورسانس

فلئورسانس خارجی در تشخیص های ایمنی به کار می‌رود. یکی از مهمترین مولکول‌هایی که برای نشاندار کردن استفاده می‌شود، فلئورایزوتیوسیانات (FITC) می‌باشد که دارای خاصیت فلئورسانس است. اکثر بیماری‌های موجود، تأثیری بر سیستم ایمنی دارند. پس اساس ایمونوفلئورسانس، تشخیص آنتی ژن (مهاجمین) و آنتی بادی (مدافعین) است. در واقع این آنتی ژنها یا آنتی بادی ها نشاندار می‌شوند و از روی آنها می‌توان فرایندهای ایمنی را بررسی کرد. بطور مثال از شخصی که تحت تأثیر عفونت ساده ی استرپتوکوکوس قرار گرفته، نمونه سرم گرفته می‌شود. اگر وی بیمار باشد داخل سرم آنتی بادی وجود خواهد داشت. کیت‌های مخصوصی ساخته می‌شود که روی آنها، آنتی ژنهای نشاندار شده با FITC، تثبیت شده است. اگر آنتی بادی نشاندار و تثبیت شده باشد، کمپلکس تشکیل می‌شود. مهمترین مشخصه ی این مولکول‌های نشاندار کننده، اینست که با کمپلکس آنتی ژن - آنتی بادی پیوند کووالان برقرار می‌کند، چون این پیوند در مقابل تغییرات محیط (pH و دما) تحمل دارد و شکسته نمی‌شود، آگلوتیناسیون این کمپلکس بر روی سطح اسلاید رسوب کرده و شسته نمی‌شود.

برای بررسی بعضی ساختارهای پروتئینی در بدن هم از این روش استفاده می‌شود. به عنوان مثال سه اسید آمینه فنیل آلانین، تریپتوفان و تیروزین هم خاصیت فلئورسانس دارند. به صورتی که پرتوهایی با ۲۸۰ نانومتر طول موج را جذب و پرتوهای ثانویه با طول موجهای بالاتر نشر می‌کنند. از این سه اسید آمینه برای بررسی میزان تغییر یا تخریب پروتئین ها در بدن استفاده می‌کنند.

ب) تشخیص سیتولوژیک سلولهای سرطانی

عامل سرطان، سلولهای نئوپلاسم (نو ظهور) هستند. در چرخه سلولی، دو فاز اینترفاز و میتوز وجود دارد. اینترفاز زمان مضاعف شدن محتوای سلول است که خود به سه زیرفاز G_1 ، S و G_2 تقسیم می شود. در G_1 پروتئین های مورد نیاز برای فرایند همانند سازی و دوبرابر شدن محتویات DNA به وجود می آیند (مثل هیستونها). در مرحله S ، DNA مضاعف می شود و در G_2 مصالح سیتوپلاسمیک برای وارد شدن به چرخه میتوز و پروتئین های دوکی شکل ساخته می شوند. برای کنترل این چرخه در نقاط مختلف آن نقاط واریسی^۱ وجود دارد. یک سلول سالم در پایان مراحل G_1 ، G_2 و میتوز دارای نقاط واریسی است. در این چک پوینتها، محتوای سلول بررسی می شود تا اطمینان حاصل شود که اشتباهی رخ نداده است. هرگونه اشتباهی باعث می شود سلول وارد مرحله G_1 (فاز خوابیده^۲) شود تا از ادامه ی روند و تقسیم اشتباه جلوگیری شود. در نقطه واریسی G_1 ، در صورت اشتباه بودن محتویات سلول، پروتئینی به نام پروتئین ۵۳ وارد عمل می شود و مثل یک گاز انبر، اجازه باز شدن DNA و نسخه برداری را نمی دهد. حال اگر سلول ناهنجار باشد در این نقاط واریسی اشکال وجود دارد. در سلول سرطانی، پروتئین ۵۳ ($P53$) حالت دنا توره (تغییر ساختاریافته) دارد. سلول با اینکه مصالح کافی برای تقسیم را ندارد، به جای آنکه به فاز G_1 برود، وارد مرحله تکثیر می شود و بافت نئوپلاسم که سرطانی است را بوجود می آورد. اکثر بافتهای سرطانی، عروق ندارند و مواد از طریق انتشار به آنها می رسد.

در این نوع سلولها، هسته برای دریافت مصالح به سیتوپلاسم فشار می آورد. نتیجتاً حجم هسته افزایش می یابد و سیتوپلاسم تحلیل می رود. در روش تشخیص سلولهای سرطانی (سیتولوژیک)، یک سری مولکولهای فلئورسانس را وارد بافت یا سلولهای سرطانی می کنند. هدف این مولکولها، هسته سلول است. این مواد در آنجا تثبیت می شوند. سپس برش کوچکی از بافت را روی میکروسکوپ می گذارند. در این صورت سلولهای سرطانی با هسته بزرگ و سیتوپلاسم کوچک نمایان می شوند. (محل استقرار مارکهای فلئورسانس در این روش، هسته سلول است). اتیدیوم بروماید از مهمترین مارکهای فلئورسانس است که رنگ اختصاصی هسته است. این ماده در وسط بازهای آلی ای که پیوند برقرار می کنند، قرار می گیرد و آنها را مارکدار می کند.

ج) مسیریابی^۱

از مسیر یابی در نورو آناتومی استفاده می شود.

نوروآناتومی : ارتباط هسته‌های عصبی را با هم بررسی می کند که در یک فرآیند حسی خاصی اثر می کنند مثل احساس درد. (یک فرایند حسی منجر به یک فرایند حرکتی می شود.) در یک فرآیند حسی ممکن است هسته چند سلول عصبی، همگرایی داشته باشند و با یکدیگر مرتبط باشند. این همگرایی^۲ را با ردیابی مسیر تشخیص می دهند. یکی از ناقلین عصبی (نوروترانسمیتر)، استیل کولین است که باعث ایجاد حس می شود. در این روش استیل کولین را نشاندار کرده و به هسته تزریق می کنند و از قسمتهای دیگر نمونه برداری می کنند. اگر در آنجا هم مولکول نشاندار شده، دیده شود بیانگر ارتباط هسته‌های عصبی با هم است.

راه نشاندار کردن استیل کولین (CH_3COO^- کولین) اینست که یکی از هیدروژنهای آن را با تریتیوم (^3T) که رادیواکتیو است تعویض می کنند. بدین ترتیب کل مولکول، نشاندار می شود.

👉 **توجه:** هیدروژن در بنیان استیل، از نوع سبک است.

🔔 **یادآوری:** پروتیوم (^1H)، هیدروژن سبک، دوتریوم (^2D)، هیدروژن سنگین و تریتیوم (^3T) هیدروژن رادیواکتیو است.

۲- قانون انعکاس نور^۳

این پدیده در آینه‌ها به کار می رود. انواع آینه‌ها عبارتند از تخت، کروی، شلمجی یا بیضی گونه.

☑ **توجه:** آینه شلمجی یک کانون دارد و یک سمت آن جیوه اندود می شود مانند چراغ اتومبیل.

در پزشکی انعکاس نور در فرآیند آندوسکوپی^۴ (درون بینی) یعنی مشاهده حفرات غیر قابل دید توسط چشم غیر مسلح، کاربرد دارد. آندوسکوپی براساس کاربرد، نامهای مختلف دارد:

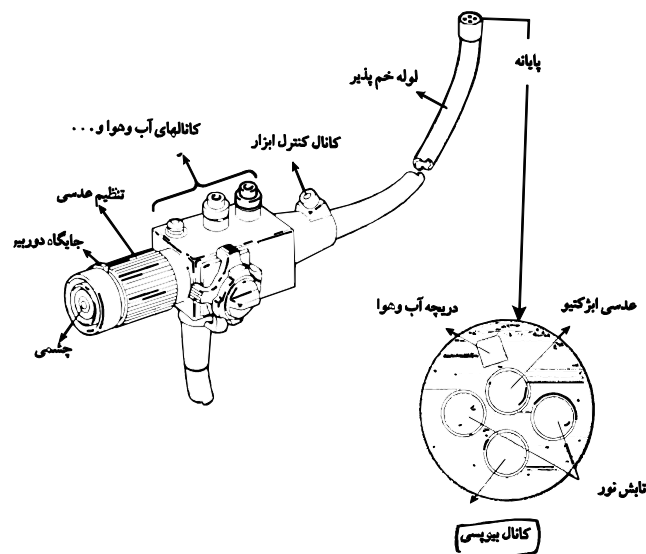
۱- Track Tracing

۲- Convergence

۳- Reflection

۴- Endoscope

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| ۱- رکتوم یا مقعد: Proctoscope | } انواع آندوسکوپی |
| ۲- معده: Gastroscope | |
| ۳- مری: Oesophagoscope | |
| ۴- مثانه: Cytoscope | |
| ۵- ریه‌ها: Bronchoscope | |
| ۶- کولون: Colonoscope | |



(۹۱)

اساس همه این ها استفاده از سخت افزارهایی بنام فیبر نوری^۱ است که در صنایع متفاوتی مانند مخابرات و تشخیصی - درمانی استفاده می شود. فیبر نوری لوله هایی هستند که یک میکرون قطر دارد و دارای یک پوشش یا غلاف لاستیکی (انعطاف پذیر) یا پلاستیکی (خشک) هستند، که درون آن را شیشه هایی ظریف که با ماده ای با ضریب شکست بالا اندود شده است، پر می کند. جدار درونی را منفذ^۲ و پوشش را Shell گویند. پرتوهای وارد شده با انعکاسات متوالی از سمت دیگر خارج می شوند. مهمترین مشخصه فیبرها این است که تقلیل انرژی و تغییر

۱- Fiber Optic

۲- Core

فاز در آنها دیده نمی‌شود. فیبرها نور سفید سرد را به حفره مورد مطالعه انتقال می‌دهند. پرتوهای نور بازتاب می‌یابند و این پرتوهای بازتابیده شده را برای تصویرگیری به چشمی میکروسکوپ یا مانیتور منتقل می‌کنند.

- | | | |
|---|---|------------------------|
| <p>(۱) flexible (انعطاف پذیر): برای رسیدن به ناحیه باید از نواحی پر پیچ و خم عبور داده شود.</p> <p>پس در آنها از پوششش لاستیکی استفاده شده است.</p> <p>(۲) rigid (سخت): برای رسیدن به ناحیه باید از مسیر مستقیم عبور کند. پس در آنها از پوششش پلاستیکی استفاده می‌کنند.</p> | } | <p><u>آندوسکوپ</u></p> |
|---|---|------------------------|

فیبرها در آندوسکوپها بصورت دسته جاتی بنام کلاف به کار می‌روند که از حیث آرایش دو نوعند:

الف) همدوس (Coherent) با آرایش منظم

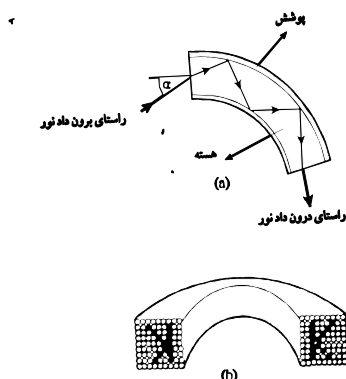
ب) غیر همدوس (Non-coherent) که آرایش نامنظم دارند.

☑ نکته: همدوس بودن یا نبودن، بر اساس ۲ پارامتر است: دامنه (بعد مکان) و فاز (بعد زمان)

پرتوهای همدوس: یعنی دو پرتو از نظر بعد دامنه و بعد زمان یا فاز برابرند و تقدم یا تأخر بین دو پرتو، وجود

ندارد مثل لیزر.

پرتوهای ناهمدوس: پرتوها تقدم و تأخر فاز دارند مثلاً چراغ قوه.



📖 کارکرد آندوسکوپ

در طراحی آندوسکوپ یک منبع نورانی، نورسفید و سرد (بدون IR) را وارد کلافهای فیبر نوری می‌کند که به حفره مورد نظر تابانده می‌شود و جدار آن را روشن می‌کند. کلافهای دیگر آن نیز، بازتاب نور را دریافت می‌کنند و ایجاد تصویر می‌کنند. فیبرهایی که نور را می‌برند و جدار را روشن می‌کنند می‌توانند همدوس یا ناهمدوس باشند چون هدف ما اینست که حفره را روشن کنیم؛ پس لزومی ندارد که پرتوها حتماً همدوس باشند. ولی پرتوهایی که تصویر تشکیل می‌دهند باید همدوس باشند؛ زیرا در صورت غیرهمدوس بودن، تصویر ایجاد شده وضوح ندارد. در دو طرف سطح مقطع لوله، دو منفذ برای تابش نور وجود دارد. منفذ بزرگ که عدسی محدب بزرگی دارد، بازتابها را دریافت می‌کند و به سمت چشمی انتقال می‌دهد. منفذ دیگر برای نمونه برداری (بیوپسی) وجود دارد که می‌توان به کمک یک انبرک کوچک از کانال موجود، نمونه برداری کنیم.

👉 نکته پایانی در مورد آندوسکوپ

دریافت تصویر: پرتوها ← فقط همدوس

انتقال: پرتوها ← همدوس یا غیر همدوس

۳- قانون گذرایی نور^۱

نور از محیطهای شفاف عبور می‌کند. این پدیده، بیانگر قانون گذشت نور است. از این فرایند برای تشخیص بیماری هیدروسفالی^۲ (آب سر) در نوزادانی که جمجمه شان به خوبی کلسیم دار^۳ نمی‌شود، استفاده می‌کنند. در این بیماری، وقتی نوزاد به دنیا می‌آید، جمجمه نارس است، حالت آبکی دارد، حرکت می‌کند و تعادل ندارد. مایع مغزی - نخاعی (CSF) بسیار بالاست و چون جمجمه آبکی است، نور براحتی از آن می‌گذرد. براساس پیشرفت بیماری، نور (سفید و سرد) می‌تواند با درصد متفاوتی از جمجمه عبور کند و یک پرده حساس فلوئورسانس را در

۱- Trans Illumination

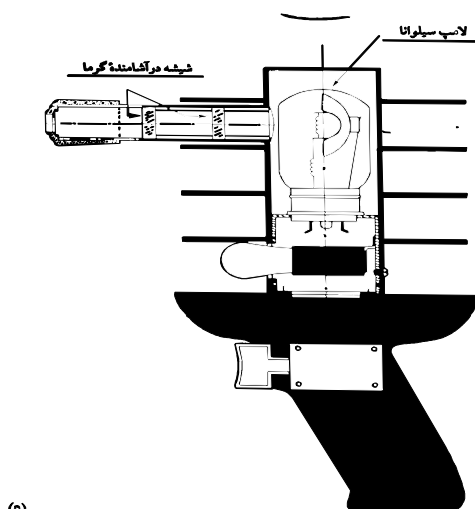
۲- Hydrocephalus

۳- Calcification

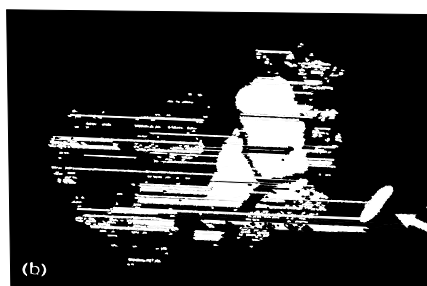
پشت مجسمه تحریک کند. پس تصاویر گرفته شده از بیمار، بصورت یک سری نقاط درخشان روی پرده تشکیل می‌شود. دستگاه سازنده ی (مولد) نور تفنگ چان نام دارد. این تفنگ، ماشه دوزبانه دارد. ماشه ی اول، لامپ قرمز است که برای روشن کردن محیط به کار می رود و ماشه دوم، نور سفید سرد منتشر می‌کند.

توجه: نور سرد، نوری است که IR آن توسط فیلتر شیشه ای درآشامنده گرما جذب شده است.

تفنگ چان، در یک اتاق کاملاً تاریک به سمت مجسمه گرفته می‌شود. پرتوها از مجسمه گذشته و روی پرده فلوئورسانس، درخشندگی ایجاد می‌کنند. جایی که پرتو نگذشته باشد، تیره می‌ماند. تصویر ایجاد شده، تصویر مجسمه است.



(a)



(b)

کاربرد پرتوهای الکترومغناطیس در پزشکی

از طیفهای مختلف نور و پرتوهای الکترومغناطیس در پزشکی استفاده می کنیم که عبارتند از:

الف) نور مرئی

از رنگهای مختلف نور مرئی در درمان بیماریها استفاده می کنیم. مثلاً در هلیوتراپی (Heliotherapy) یا حمام آفتاب گرفتن و کروموتراپی (Chromo therapy) یا رنگ درمانی) برای تسکین اعصاب. در رنگ درمانی از رنگ سبز استفاده می کنیم. بیشترین حساسیت سلولهای مخروطی چشم (λ_{max}) در شبکه نسبت به طول موج ۵۵۰ nm است که در محدوده‌ی سبز قرار دارد. رنگ قرمز و زرد نیز باعث تحریک عصبی می شود.

ب) ماورای بنفش (UV)

امواجی با طول موج کوتاه‌تر از ۴۰۰ nm در محدوده ماورای بنفش قرار دارند. UV، یکی از ۲ طیف اصلی است که در پزشکی کاربرد فراوانی دارند.

این امواج بر اساس نزدیکی به نور مرئی (Visible) به سه محدوده تقسیم می شوند:

ناحیه نزدیک به نور مرئی (UV_A)	۳۲۰ - ۴۰۰ nm	👉
ناحیه حد واسط (UV_B)	۲۸۰ - ۳۲۰ nm	👉
ناحیه دور (UV_C)	۱۰۰ - ۲۸۰ nm	👉

ناحیه A: ناحیه‌ای از UV، که هم منشأ طبیعی مثل خورشید و هم منشأ مصنوعی دارد؛ از شیشه‌های معمولی و کوارتز می گذرد.

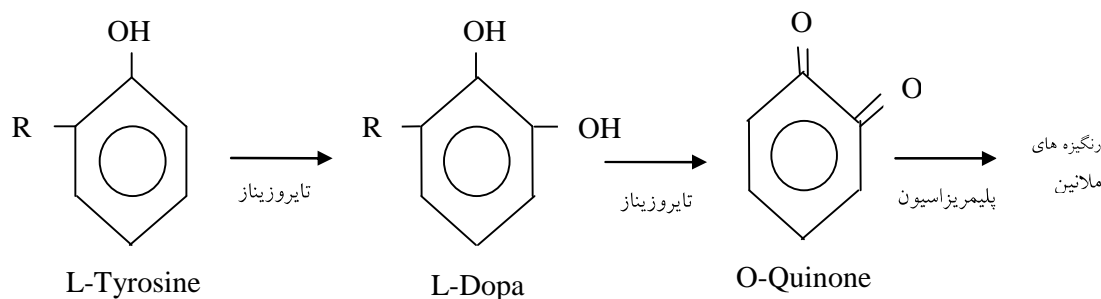
طول موجهای زیر UV اصلاً وارد اتمسفر نمی شوند. این ناحیه در فرآیند حفاظتی (Protective) دخالت دارد.

☑ **توجه:** طول موجهای کوتاه، در ابتدای جو جذب اوزون می شود اما طول موجهای بلند از اوزون عبور می کنند.



دومین مکانیسم حفاظتی در بدن ما، ملانین دار شدن سلول های پوست^۱ است. یعنی تجمع انگیزه‌های ملانین در سلولهای ملانوسیت که در سطح بدن پراکنده‌اند. UV_A ، باعث این فرایند در بدن ما می شود. UV فرآیندهای

آنزیمی را تنظیم می‌کند. در این فرایندهای پی در پی، اسید آمینه L. Tyrosine که یک مونوفنول است، تبدیل به L. Dopa که یک دی فنول است و آن هم در اثر فرایند اکسیداسیون به OrthoQuinone تبدیل می‌شود. ارتوکینونها پلی مریزه شده و ملانین‌ها را بوجود می‌آورند.



افراد زال در آنزیم تیروزیناز مشکل دارند و این اتفاقات در آنها رخ نمی‌دهد.

در چشم، طول موجهای ۳۲۰-۴۰۰ nm عمدتاً می‌تواند جذب عدسی چشم شود و پدیده آب مروارید (کاتاراکت) را بوجود آورد.

😊 ۹۵٪ ماورای بنفش خورشید در ناحیه A قرار می‌گیرد.

ناحیه B: ۵٪ باقی‌مانده ماورای بنفش که از خورشید وارد اتمسفر می‌شود در این ناحیه قرار می‌گیرد. از شیشه معمولی عبور نمی‌کند، اما از کوارتز عبور می‌کند.

ناحیه B، دو عملکرد اساسی در سیستم فیزیولوژیک دارد:

(۱) فرآیند مطلوب تبدیل مولکولهای متابولیکی مثل کلسترول به D_3 (کلسیفرول) طی فرایند متیلاسیون.

👉 **توجه:** نبود D_3 در بدن باعث بیماری راشیتیس می‌شود.

☑ **نکته:** تفاوت کلسترول و D_3 در یک گروه متیل است.

(۲) فرایند نامطلوب سرخی پوست^۱ که شروعی برای سرطان پوست می‌باشد.

ناحیه C : بخاطر طول موج کوتاه (۲۸۰ - ۱۰۰ نانومتر)، نفوذ پذیری بالایی دارد. بیشتر در استریل کردن وسایل اتاق عمل به کار می‌رود که این خاصیت را میکروب کشی (Microbicide) گویند. بطور طبیعی در جو، وجود ندارد ولی به طور مصنوعی از لامپهای مخصوص UV ساخته می‌شود.

(ج) مادون قرمز (IR)

این ناحیه از امواج الکترومغناطیس، عامل تولید گرما بر روی سطح زمین است. در محدوده بین ۸۰۰-۴۰۰۰۰ nm قرار دارد و دارای دو منبع طبیعی و مصنوعی است.

منبع مصنوعی: لامپ مخصوص گرمائی مثل تنگستن (۲۰۰-۹۰۰nm)، لامپ دوتریوم- هیدروژن.

منبع طبیعی : خورشید .

در اینجا، ابتدا دو قانون مهم را با هم مرور می‌کنیم:

قانون Vein: λ_{max} تابشی از یک جسم با دمای آن رابطه معکوس دارد. $\lambda_{max} \propto \frac{1}{T}$

پس هر جسمی که درجه حرارت آن از صفر مطلق بیشتر است، دارای طول موج بیشینه (λ_{max}) است که از

رابطه روبرو به دست می‌آید: $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$

در این فرمول b ثابت وین و T، دما بر حسب کلوین است.

$$\begin{cases} T = \theta + 273 \\ b = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m.k} \end{cases}$$

برای یافتن λ_{max} بدن در اینجا، بدن بعنوان یک جسم 27°C فرض شده است. در نتیجه داریم:

$$\lambda_{max} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{3 \times 10^2} = 10^{-5} \text{ m} = 10^4 \text{ nm}$$

و طول موج 10^4 نانومتر در ناحیه مادون قرمز قرار دارد. پس بدن از خود IR ساطع می‌کنند.

قانون استفان : توان تابش (میزان تابش) هر جسم از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W = \sigma \varepsilon A T^4$$

در این رابطه، σ (زیگما) ثابت استفان و برابر $\sigma = 5.626 \times 10^{-12} \text{ W/K}^4 \cdot \text{m}^2$ است. A ، واحد سطح (بر حسب m^2) و ϵ ضریب گسیلندگی یا تابندگی است که واحد ندارد (بین صفر و ۱ است). اجسامی که جاذب خوبی هستند، تابنده ی IR خوبی نیز هستند مثل جسم سیاه ($\epsilon = 1$). در مقابل شیشه و سطوح صیقلی، جاذب و تابنده خوبی نیستند. ($\epsilon = 0$)

☑ **توجه:** زمین از خورشید IR می‌گیرد و بدین ترتیب تعادل حرارتی بین زمین و خورشید ایجاد می‌شود که دمای تعادل آن 7°C است.

☑ **نکته:** ضریب تابندگی بدن ($\epsilon = 0.56$) نزدیک ضریب تابندگی زمین ($\epsilon = 0.5$) است.

◀ **توجه:** بدن ما هم تابنده است و هم جاذب گرما.

کاربردهای IR

۱- کاربرد درمانی

IR گرماست و تابش آن به بدن، دمای آن را بالا می‌برد و بدین ترتیب سرعت واکنشها را افزایش می‌دهد.

📌 **قانون وانت هوف:** هر ۱ درجه افزایش دما، سرعت واکنشها را ۱۰ برابر می‌کند.

با توجه به این نکته، کاربردهای درمانی IR عبارتند از:

① اثر Vasodilation (اتساع عروق): خون رسانی به بافتها را تسریع می‌کند و دفع مواد زائد را نیز سرعت می‌بخشد.

② رفع Spasm (گرفتگی عضلانی): با تاثیر بر روی فیبرهای میوزین و اکتین، حالت تتانی عضلانی را از بین می‌برد.

③ در تسکین درد با اثر روی سیستم عصبی نقش دارد زیرا برای هر فرآیند عصبی آستانه تحریکی وجود دارد که اگر بالا رود آن فرآیند اتفاق نمی‌افتد. گرما هم آستانه درد را بالا برده و درد را کاهش می‌دهد. (در فرایند فیزیوتراپی)

④ افزایش گلبولهای قرمز که فرایند مناسبی برای افزایش خونرسانی به بافتها است. گلبولهای قرمز O_2 را به بافتها برده و CO_2 را از بافتها به ریه‌ها می‌آورد اما از طرفی بین RBC و WBC تعادل برقرار است. اگر

RBC خیلی زیاد شود، WBC کم می‌شود که این فرآیند را لکوپنیا می‌گویند که ممکن است مضر باشد

پس نباید تعادل RBC و WBC بیش از حد بهم بخورد.

⑤ افزایش فعالیت متابولیکی

⑥ بهبود عفونت

کاربرد تشخیصی

(۱) عکس برداری انعکاسی (۲) عکس برداری گسیلی

(۱) عکس برداری انعکاسی : نفوذ پذیری IR در بافتهای بدن بخصوص بافتهای نازک مثل لای انگشتان، خیلی

بالاست. با جذب و انعکاس IR، الگوی وریدهای خورسان در این ناحیه کاملاً

مشخص می‌شود (Vein Viewer).

☛ نکته بسیار مهم: نفوذپذیری IR از نور مرئی در بدن، بیشتر است.

(۲) عکس برداری گسیلی : تمام اجسام زنده و غیرزنده که دارای درجه حرارت بیش از صفر مطلق هستند، از

خود IR ساطع می‌کنند که به آن IR گسیلی می‌گویند. از این پرتو در عکس برداری

استفاده می‌کنند.

دوربین‌های مادون قرمز یا دید در شب از شیشه‌هایی استفاده می‌کنند که IR گسیلی را به نور مرئی تبدیل

می‌کنند. در صنایع نظامی هم، سیستم‌های ضد موشک براساس IR طراحی می‌شوند. به کمک دوربین‌های IR

نقشه‌های حرارتی از بدن ثبت می‌شوند که به آن ترموگرافی^۱ (دمانگاری) گویند. سنسورهایی که در مسیر گسیل

قرار می‌گیرند، نقشه‌های حرارتی بدن را در مانیتور ترسیم می‌کنند. هر جا متابولیسم بیشتر باشد، تابش IR بیشتر

و وضوح تصویر زیادتر است. از IR گسیلی در تشخیص غدد سرطانی در سینه استفاده می‌شود. ندولهای سرطانی

که تشکیل می‌شوند، فرایند متابولیکی بیشتری نسبت به بافتهای اطراف دارند و گسیل IR از آنها بیشتر است. بدین ترتیب با عکس برداری گسیلی IR، تشخیص بافت سرطانی به راحتی ممکن خواهد بود.

۴- قانون شکست نور^۱

بر اساس این قانون، هر گاه نور از محیطی به محیط دیگری با غلظت متفاوت وارد شود، می‌شکند. دلیل شکست نور تغییر سرعت نور در دو محیط با ضریب شکست (انکسار) متفاوت است. این قانون در فیزیک بینائی بکار برده می‌شود. در داخل چشم نیز همین اتفاق می‌افتد.

پرتوهای نورانی از هوا و محیط اطراف، وارد چشم می‌شوند. حد و مرز دو محیط چشم و هوا، قرنیه است. در این مرز نور ورودی می‌شکند.

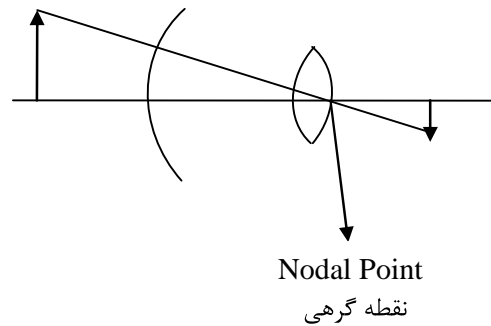
همانطور که می‌دانیم در پدیده شکست نور، قانون اسنل - دکارت برقرار است. ولی این قانون وقتی حاکم است که محیط دو طرف سطح شکست از یک نوع باشد. مثلاً وقتی ضریب شکست محیط ۱ است یعنی هوا، این رابطه قرار است:

$$D = \frac{1}{f} \quad \text{و} \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

اما برای چشم شرایط فرق می‌کند؛ چون در دو طرف سطح شکست، دو ماده متفاوت وجود دارد. در این مورد رابطه زیر برقرار است: (Γ = شعاع سطح شکست)

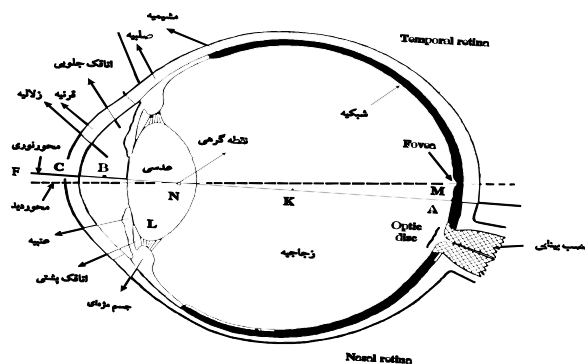
$$D = \frac{n'' - n'}{r} \quad \text{و} \quad \frac{n'}{p} + \frac{n''}{q} = \frac{n'' - n'}{r}$$

چشم به عنوان یک جسم نوری ۲ کانون دارد. پرتوهایی که از هوا وارد چشم می‌شوند، در یک نقطه به نام کانون F_2 تشکیل تصویر می‌دهند و پرتوهایی که از چشم وارد هوا می‌شوند، در نقطه ای به نام کانون اول F_1 (نقطه قرار گیری جسم) جمع می‌شوند. چشم در هر حالت همگرا کننده است. اگر همگرایی در دو طرف رخ نمی‌داد، قدرت دید وجود نداشت. مهمترین دلیل این پدیده قانون اسنل - دکارت است.

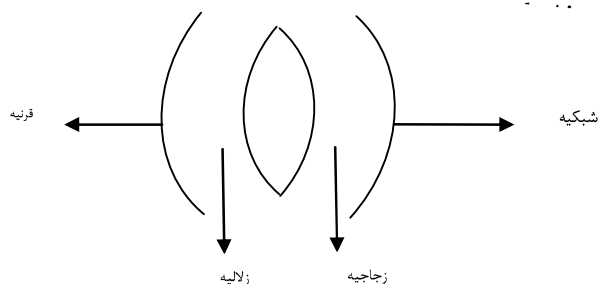
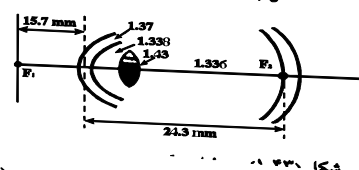


☑ نکته: اگر قرنیه به صورت مقعر باشد، در هر دو حالت چشم واگرا کننده خواهد بود. همچنین اگر مرکز سطح شکست در محیط غلیظتر واقع شود، آن سطح شکست در هر دو حالت همگرا کننده است و بالعکس؛ یعنی اگر مرکز در محیط رقیق تر باشد واگرا کننده خواهند بود.

چشم ساختاری دارد که شامل سه سطح شکست اساسی است. بین این سطوح، مواد متفاوتی قرار می گیرد. این سطوح شکست که دیوپتری نام دارند عبارتند از:



شکل (۱-۴۲) تصویر ساده شده چشم



(۱) سطح قرنیه

(Single Spherical Refraction Surface) سطح شکست کروی واحد

(۲) سطح جلوی عدسی

(۳) سطح پشتی عدسی

عدسی دارای سطح شکست دوگانه (Double S.R.S) است. بین قرنیه و عدسی، اتاقک قدامی قرار دارد که

زلالیه آن را پر می کند و بین عدسی و شبکیه، اتاقک خلفی می باشد که حاوی زجاجیه است.

در واقع چشم ترکیبی از عدسیهاست که قدرت همگرایی آن مجموعاً $63D$ است. $43D$ آن توسط قرنیه و $20D$

باقیمانده، توسط سطح جلویی و پشتی عدسی تأمین می شود.

ضریب شکست هوا n_1 است و سایر ضریب شکستها نسبی می باشد.

$$n_{\text{آب}} = \frac{4}{3} = n_{\text{زلالیه}} = n_{\text{زجاجیه}} \quad \text{و} \quad n_{\text{ماده عدسی}} = 1/43$$

همگرایی قرنیه $43D$ است. برای محاسبه دقیق داریم:

$$n_1 = n_{\text{هوا}} = 1 \quad \text{و} \quad n_2 = n_{\text{زلالیه}} = \frac{4}{3} = 1.33 \quad \text{و} \quad r_{\text{قرنیه}} = 5mm$$

$$D = \frac{\frac{4}{3} - 1}{5 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{15} = 66.6 D$$

می بینیم عدد بدست آمده از $43D$ بیشتر است، چون اندازه شعاع واقعی نیست.

در محاسبه همگرایی سطح جلویی عدسی داریم:

$$n_1 = n_{\text{زلالیه}} = 1.33 \quad \text{و} \quad n_2 = n_{\text{ماده عدسی}} = 1.43 \quad \text{و} \quad r_{\text{عدسی}} = +10mm$$

$$D = \frac{1.43 - 1.33}{10 \times 10^{-3}} = 10 D$$

برای محاسبه همگرایی سطح پشتی عدسی داریم:

$$n_1 = n_{\text{ماده عدسی}} = 1.43 \quad \text{و} \quad n_2 = n_{\text{زجاجیه}} = 1.33 \quad \text{و} \quad r_{\text{عدسی}} = -6mm$$

$$D = \frac{1.43 - 1.33}{-6 \times 10^{-3}} = 16.6 D$$

☑ نکته: همگرا کنندگی چشم، همواره عددی مثبت است.

حال به محاسبه کانونهای چشم می پردازیم. همانطور که گفته شد چشم ۲ کانون دارد بنابراین در این مرحله برای

محاسبه فواصل کانونی، ۲ حالت داریم:

👉 پرتوها از بینهایت به چشم می رسند و در کانون دوم چشم (درون چشم) بهم می رسند.

👉 پرتوها از داخل چشم به خارج می روند و در کانون اول چشم (بیرون چشم) بهم می رسند.

از هر یک از این حالات یکی از کانونهای چشم را محاسبه می کنیم.

① حالت اول:

$$p = \infty, \quad q = F_2 \text{ (شبکیه)} \Rightarrow \frac{n_1}{\infty} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{r} \Rightarrow f_2 = \frac{n_2 r}{n_2 - n_1}$$

$$f_2 = \frac{\frac{4}{3} \times 5}{\frac{4}{3} - \frac{3}{3}} = 20 \text{ mm} \quad \text{کانون داخلی چشم}$$

② حالت دوم:

$$q = \infty, \quad p = f_1 \Rightarrow \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{\infty} = \frac{n_2 - n_1}{r} \Rightarrow f_1 = \frac{n_1 r}{n_2 - n_1}$$

$$f_1 = \frac{\frac{3}{4} \times 5}{-\frac{4}{3} + \frac{3}{3}} = -15 \text{ mm} \quad \text{کانون خارجی چشم}$$

(چون $F_1 < 0$ در خلاف جهت بررسی است پس مجازی است: $F_1 < 0$)

اعداد بدست آمده ، اعداد تجربی اند که شخصی بنام دوندرس آنها را به دست آورد. اگر این اعداد را در $\frac{1}{9}$ ضرب

$$f_r = f_1 + r$$

کنیم اعداد واقعی بدست می آیند که به اعداد امسلی معروفند.

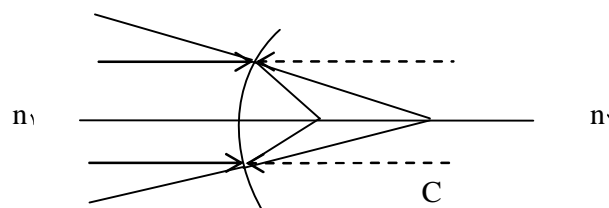
$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = -15 \text{ mm} \\ F_r = 20 \text{ mm} \\ r = 5 \text{ mm} \end{array} \right.$ <p>اعداد تجربی</p>	$\left\{ \begin{array}{l} mm \frac{150}{9} F_1 = \\ mm \frac{200}{9} F_r = \\ mm \frac{50}{9} r = \end{array} \right.$ <p>اعداد امسلی</p>
---	---

اگر چشم را عدسی مرکب حاوی سه سطح شکست متوالی ترسیم کنیم، طوری می شود که مرکزش مماس بر سطح

پشتی عدسی است. به این طرح چشم ساده گویند. (Reduced Eye) دوندرس بر اساس یک چشم ساده این

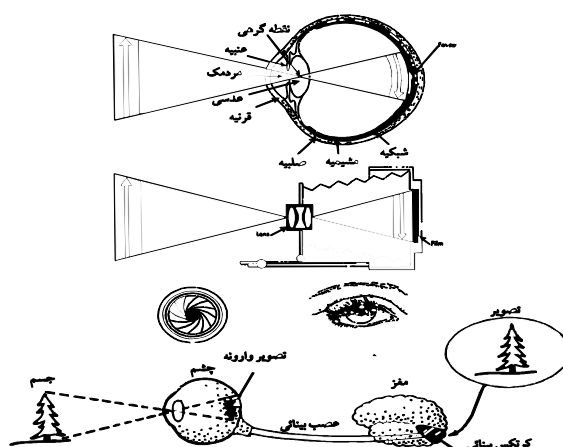
داد.

محاسبات خود را انجام



👉 **توجه:** مایع‌های اتاقک‌های چشم، سطح شکننده محسوب نمی‌شوند.

👉 تصویر تشکیل شده در چشم، حقیقی و معکوس است. این سه سطح، همگرایی چشم را به ترتیب افزایش می‌دهند تا تصویری معکوس روی شبکیه تشکیل شود. تصویر روی شبکیه، دو بعدی است ولی ما جسم را مستقیم، واقعی و سه بعدی می‌بینیم. این اتفاق بعد از شبکیه رخ می‌دهد.



☑ **نکته:** تا شبکیه قوانین فیزیکی برقرار است ولی ساختارهای بالاتر از شبکیه، در سطح روانی و فیزیولوژیکی است. یعنی اتفاقات قبل از شبکیه فیزیکی و بعد از آن روانی می‌باشد.

☑ **نکته:** بی‌نهایت چشم ۶ متر است. در این حالت پرتوهای ورودی به چشم با هم موازی هستند.

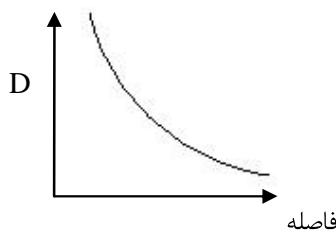
۱- قدرت تطابق^۱

هنگامیکه یک جسم به چشم نزدیک یا از آن دور می‌شود، انحنای عدسی بوسیله ماهیچه‌های مژگانی چشم تغییر می‌کند تا تصویر بر روی شبکیه بیفتد. این فرآیند را تطابق می‌گویند. در واقع عدسی چشم، توسط اجسام مژگانی، قابلیت تطابق پیدا می‌کنند.

👉 **توجه:** اجسام مژگانی تحت تأثیر اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک دچار انقباض می‌شود.

نزدیک شدن جسم باعث انقباض ماهیچه‌های چشم و افزایش قطر عدسی می‌شود و دور شدن جسم هم سبب استراحت ماهیچه‌های چشم و کاهش قطر عدسی می‌شود. (استراحت عدسی)

● فاصله بین حالت استراحت عدسی با بیشترین انحنای عدسی را فاصله تطابقی^۲ گویند.



👉 **توجه:** هرچه جسم نزدیک تر شود قدرت همگرایی بیشتر می‌شود.

🔍 **توجه:** اگر نمودار همگرایی چشم بر حسب فاصله جسم را رسم کنیم داریم:

☑ **نکته:** عدسی دارای یک دوربینی نهفته یا درونی، معادل ۱ دیوپتر است که به سبب تونوس ماهیچه‌های مژگانی و انحنای طبیعی عدسی ایجاد می‌شود.

🔍 **توجه:** ماده‌ای که قدرت انقباض ماهیچه‌های مژگانی را از بین می‌برد و به عنوان قطره چشم استفاده می‌شود آتروپین نام دارد.

👂 در چشم ۲ نقطه ی اساسی وجود دارند که عبارتند از:

۲- نقطه نزدیک^۳ (P.P)

نزدیکترین فاصله که تصویر یک جسم با حداکثر تطابق و وضوح روی شبکیه تشکیل می‌شود.

۱- Accommodation

۲- Range of Accommodation

۳- Punctum Pronimum

در سنین پائین قدرت تطابق عدسی بیشتر است (حدود ۱۴D)؛ در سنین بالا از مقدار تطابق به تدریج کاسته شده تا این که در ۶۰-۵۰ سالگی به ۴ دیوپتر یا حتی به صفر می‌رسد. این حالت پیر چشمی نام دارد.

۳- نقطه دور^۱ (P.R)

دورترین نقطه‌ای که چشم بدون تطابق و در حالت استراحت کامل عدسی، تصویری واضح روی شبکیه تشکیل می‌دهد. این نقطه برای چشم سالم، همان بینهایت چشم است. (۶ متر)

تیز بینی

● قدرت تفکیک چشم را تیز بینی گویند.

◀ قدرت تفکیک (تیزبینی) : حداقل فاصله بین دو نقطه که آن دو نقطه در چشم بصورت ۲ نقطه ی جدا از هم تفکیک می شوند.

● چشم از نظر قدرت تیز بینی ۲ حالت دارد:

👉 هنجار (Emmetrope): چشمی که نیاز به تصحیح کمتر از ۰/۵ دیوپتر دارد ولی سالم است.

👉 ناهنجار (Ametrope): چشمی که نیاز به تصحیح بیشتر از ۰/۵ دیوپتر دارد و ناهنجار است.

مبنای بررسی تیز بینی :

۱- الگوی نوری^۲ : عبارت است از پنج جفت خط تیره و روشن که در ضخامت ۱mm ترسیم شده و در نقطه

نزدیک چشم قرار می‌گیرد. اگر این خطوط به وضوح و موازی تفکیک شوند، فرد تیز بین است و قدرت تفکیک

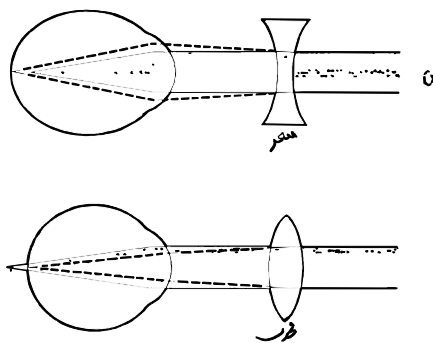
چشم سالم ۰/۱mm خواهد بود.

ضخامت ناحیه‌ای که خطوط ترسیم می‌شوند

$$\frac{1mm}{10} = 0.1$$

۵ جفت خط تیره و روشن

۲- چارت بینایی^۱: یک سری حروف، خطوط یا تصاویر (عمدتاً حرف E)، با ضخامت متفاوت که در چند ردیف (عموماً ۱۱ ردیف) ترسیم می‌شوند و در فاصله نقطه دور چشم سالم (۶ متر) قرار می‌گیرند. بعد از ردیف هشتم یک خط در وسط وجود دارد. اگر تفکیک تا ردیف ۸ انجام شود، چشم فرد هنجار است ولی اگر تا ردیف هشتم مشکلی وجود داشته باشد، چشم فرد ناهنجار است.



انواع ناهنجاریهای چشم

۱- دوربینی^۲

وقتی رخ می‌دهد که پرتوها در پشت شبکیه به هم می‌رسند. دلایل آن عبارتند از:

الف) دوربینی محوری^۳: طول محور قدامی - خلفی چشم از حالت طبیعی کمتر می‌شود و کره چشم از حالت کروی به بیضوی، تغییر می‌کند.

ب) دوربینی انحنایی^۴: انحنای قرنیه از حالت طبیعی کمتر می‌شود یعنی قدرت شکنندگی کم می‌شود.

ج) دوربینی ضریبی^۵: ضریب شکست زلالیه کاهش یا ضریب شکست زجاجیه افزایش می‌یابد. زیرا اگر ضریب شکست زلالیه کاهش یافته و به ضریب شکست هوا نزدیکتر شده هنگامی که پرتوها از هوا وارد زلالیه می‌شوند، پرتوها کمتر شکسته شده و در پشت شبکیه بهم می‌رسند یا وقتی ضریب شکست زجاجیه افزایش و به ضریب شکست عدسی نزدیکتر می‌شود، میزان شکست پرتوها کمتر شده و در پشت شبکیه به هم می‌رسند.

☑ نکته: مطابق قانون عدسی سازان یا عینک سازان، کانون عدسی از رابطه زیر به دست می‌آید:

۱- Snellen Chart

۲- Hypermetropia

۳- Axial Hyp.

۴- Curvature Hyp.

۵- Index Hyp.

$$D = \frac{1}{f} = (n_L - n_m) \times \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right)$$

در رابطه فوق : n_L ضریب شکست عدسی (لنز)، n_m ضریب شکست محیطی که عدسی در آن قرار دارد و r_1 و r_2 شعاعهای انحنای دو طرف عدسی مورد نظر است (r_1 شعاع سطح کوژ یا عدسی کوژ - تخت و $r_2 = \infty$ شعاع سطح تخت عدسی).

مثال : یک عدسی تخت کوژ به شعاع ۲۰ m از جنس شیشه کراون با ضریب شکست ۱/۵۳ مفروض است .

کانون عدسی در آب و هوا چقدر است ؟

$$\frac{1}{f} = (1.53 - 1) \times \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{1}{40} \Rightarrow f = 40 \text{ cm} \quad \text{هوا} \quad \text{پاسخ:}$$

$$\frac{1}{f} = (1.53 - 1.33) \times \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{0.2}{20} \Rightarrow f = 100 \text{ cm} \quad \text{آب}$$

در مورد نتیجه بدست آمده می توان گفت، کانون در آب بزرگتر است، زیرا وقتی عدسی در آب قرار می گیرد با توجه به نزدیک بودن ضریب شکست عدسی و آب، پرتو کمتر شکسته شده ، دیرتر به کانون می رسد و فاصله کانونی زیاد می شود.

نکته : عدسی چشم یک ساختار پیاز مانند دارد و لایه لایه است و حالت یکنواخت ندارد. این لایه ها ضریب شکستی دارند که باعث شکنندگی و همگرایی می شوند. در این ساختار شعاع جلویی هر لایه بیشتر از شعاع پشتی آن است یعنی تحدب (انحنا) جلو کمتر از سطح پشتی است.

نکته : کاتاراکت (آب مروارید) هسته ای شدن عدسی از محل جوانه زدن عدسی می باشد .

(د) جابجایی عدسی به عقب در اثر تومور یا هر عامل دیگر.^۱

(ه) عدم وجود یکی از سطوح شکست. مثلاً وقتی چشم دچار کاتاراکت می شود، عدسی برداشته می شود در نتیجه فرد دچار دوربینی مزمن می شود.

اصلاح دوربینی

برای اینکه پرتوها زودتر همگرا شوند از عدسی‌های محدب استفاده می‌شود.

برای تشخیص دوربینی، ابتدا فرد را در مقابل چارت بینایی قرار می‌دهیم. اگر دید مناسب بود، فرد یا سالم است یا دوربین. حال یک عدسی محدب 0.5 دیوپتر را مقابل چشم فرد می‌گیریم. اگر دید مناسب بود فرد دوربین است و گر نه سالم است.

سؤال: حال اگر شخصی به سه عدسی نزدیک بهم (مثلاً 1 و $1/25$ و $1/5$ دیوپتر) از نظر تطابق احساس رضایت نشان دهد، چه باید کرد؟

پاسخ: اگر عدسی 1 دیوپتر را انتخاب کنیم فرد نقطه دور را می‌بیند ولی باید 0.5 دیوپتر را با تطابق جبران کند بدین ترتیب به مرور شماره عینک خود به خود زیاد می‌شود بنابراین برای جلوگیری از جبران و تطابق نخواست، قویترین عدسی محدب یعنی $1/5$ را انتخاب می‌کنیم.

۲- نزدیک بینی^۱

پرتوها به جای آنکه روی شبکیه بهم برسند، در جلوی شبکیه همگرا می‌شوند. دلایل آن عبارتند از:

الف) نزدیک بینی محوری : طول محور قدامی خلفی از حالت طبیعی بیشتر می‌شود و پرتوها جلوی شبکیه به هم می‌رسند .

ب) نزدیک بینی انحنایی : انحنای قرنیه بیشتر از حالت طبیعی است .

ج) نزدیک بینی ضریبی : ضریب شکست زلالیه بیشتر یا ضریب شکست زجاجیه کمتر می‌شود .

د) جابجایی عدسی به جلو در اثر تومور و ...

اصلاح نزدیک بینی

از عدسی‌های مقعر و با واگرایی (همگرایی منفی) استفاده می‌کنیم.

☑ **نکته:** اگر فرد نسبت به سه عدسی واگرا احساس رضایت کرد از ضعیفترین عدسی استفاده می‌کنیم تا از تطابق

ناخواسته جلوگیری شود (مثلاً بین ۱- و ۱/۲۵- و ۱/۵- دیوپتر از عدسی واگرای ۱- استفاده می‌کنیم).

۳- پیر چشمی^۱

پیرچشمی کاهش تطابق چشم است که علت ایجاد این بیماری در سنین بالا، این است که پروتئین‌های تشکیل دهنده عدسی از حالت طبیعی (ساختاری و عملکردی) خارج می‌شوند. به این فرآیند دناتوره شدن می‌گویند. در نتیجه عدسی قدرت انعطاف پذیری خود را از دست می‌دهد و شخص دچار پیرچشمی می‌شود. اگر پروتئین‌ها ساختار خود را از دست بدهند، عدسی دچار فرایند هسته‌ای شدن می‌شود که به آن کاتاراکت یا آب مروارید^۲ می‌گویند. در این حالت جوانه‌ای که عدسی از آن رشد می‌کند، قابلیت زاینده‌گی خود را از دست می‌دهد و شخص دوربین می‌شود. این نیز نوعی پیرچشمی است.

اصلاح پیرچشمی

اصلاح آن مشابه دوربینی است. بدین منظور از عدسی‌های دوکانونی^۳ استفاده می‌شود. یعنی لنز را طوری طراحی می‌کنیم که بالای آن شیشه‌های صاف (برای دیدن نقطه دور) و پائینش عدسی محدب قرار بگیرد.

📌 **توجه:** به علت تنبلی چشم ممکن است در سنین جوانی نیز پیرچشمی ایجاد شود.

۴- آستیگماتیسم^۴

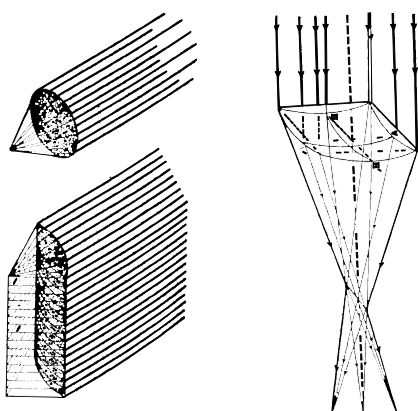
آستیگماتیسم یعنی عدم نقطه شدن. همانطور

که می‌دانیم کانون عدسی محدب و مقعر،

نقطه‌ای است (نه خطی و نه صفحه‌ای) ولی

در عدسی‌های استوانه‌ای ساده، کانون یک خط است

نه یک نقطه.



۱- Presbiopia

۲- Cataract

۳- Bifocal

۴- Astigmatism

عدسی های استوانه ای ساده، یک سیستم آستیگمات ساده‌اند.

در عدسی استوانه‌ای کانون خطی است یعنی اگر جسمی در نقطه‌ای دور واقع شود و پرتوهای موازی آن به عدسی استوانه‌ای برسد، تصویرش، یک خط کانونی می‌شود و این همان آستیگماتیسم است. یعنی در حالت آستیگماتیسم، از یک نقطه یک خط تشکیل می‌شود. پس اساس آستیگماتیسم وجود عدسی استوانه ای است.

در هر عدسی استوانه‌ای، ۲ نصف النهار افقی و عمودی وجود دارد. در حالت آستیگماتیسم ساده، نصف النهار افقی دارای انحنای است و عمودی انحنای ندارد (انحنای عامل شکست پرتوها هستند).

$$\text{مثال: در یک عدسی استوانه ای داریم:} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta D = \text{قدرت افقی} \\ D = 0 = \text{قدرت عمودی} \end{array} \right.$$

☑ **نکته:** قدرت عدسی استوانه ای آستیگمات ساده، به قدرت نصف النهار افقی بستگی خواهد داشت.

◀ **نکته ۱:** خط به وجود آمده بر نصف النهار بوجود آورنده (نصف النهار افقی) عمود است.

☞ اگر نصف النهار عمودی هم حالت شکمی بگیرد، عدسی استوانه‌ای شکمی یا بشکله‌ای^۱ به وجود می‌آید. یک نیمه از این عدسی را آستیگمات پیچیده گویند. در آستیگماتیسم پیچیده، نصف النهار عمودی و افقی هر دو دارای انحنای هستند.

$$\text{مثال: در یک عدسی استوانه ای آستیگمات پیچیده داریم:} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta D = \text{قدرت افقی} \\ D = 3 = \text{قدرت عمودی} \end{array} \right.$$

در یک عدسی استوانه ای شکمی، از جسم نقطه‌ای دو خط بوجود می‌آید که بر هم عمود و غیر منطبق (متناظر) هستند. نصف النهاری که قویتر است خط اول (نزدیکتر به عدسی) و نصف النهار ضعیفتر خط دوم (دورتر از عدسی) را می‌سازد.

☑ **نکته ۲:** در آستیگمات پیچیده هم خط به وجود آمده بر نصف النهار بوجود آورنده عمود است.

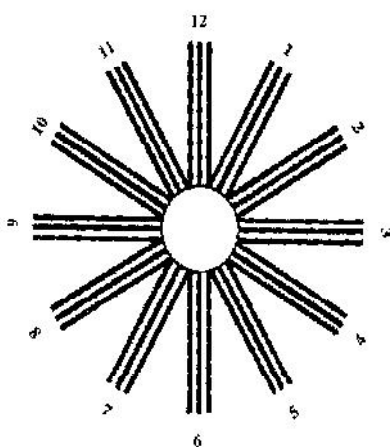
● در چشم سالم، تصویر یک نقطه، نقطه است ولی در آستیگماتیسم چشمی، چشم انحنای کروی خود را ندارد و حالت تخم مرغی پیدا می‌کند. دلیل آستیگماتیسم چشم هم وجود عدسی های استوانه ای به جای عدسی

های کروی در چشم است. ماهیچه‌های ناحیه پلک چشم با گذشت زمان حالت خود را از دست می دهند بدین ترتیب پلک زدن باعث افزایش انحنای نصف النهار عمودی می شود. در نتیجه یک عدسی استوانه ای در چشم تشکیل می شود که باعث دید آستیگمات می شود.

● در آستیگمات موافق قاعده (شایع) نصف النهار عمودی قویتر از افقی است. اما آستیگمات خلاف قاعده (نادر)، عکس این است یعنی قدرت نصف النهار افقی بیشتر است.

انواع آستیگماتیسم

الف) منظم یا اولیه^۱



در این نوع اولاً افزایش انحناها تدریجی است و

ثانیاً نصف النهارهای با بیشترین انحنا بر هم عمودند.

برای تشخیص این نوع، از یک دستگاه به نام

بادبزین آستیگماتیسم^۲ استفاده می کنند. این صفحه را در

گوشه چارت بینایی قرار می دهند. (در همان فاصله ۶ متر) اگر

یک سری خطوط واضح و سایر خطوط مبهم باشد، شخص دچار این ناهنجاریست.

انواع آستیگماتیسم منظم

۱- منظم ساده^۳

در این نوع، یکی از دو خط تشکیل شده توسط عدسی روی شبکه و دیگری خارج شبکه است. اگر خط خارج

شبکه، جلوی شبکه باشد، آستیگماتیسم منظم ساده نزدیک بین است و اگر پشت شبکه باشد آستیگماتیسم

منظم ساده دوربین است. برای اصلاح این عیب باید خطوط به نقطه تبدیل شوند و باید خطی را که در خارج

شبکه است، جابجا کنیم. برای جابجایی یک خط به تنهایی از عدسی استوانه‌ای استفاده می کنیم. اگر بخواهیم به

جلو ببریم از عدسی محدب و اگر بخواهیم به عقب ببریم از عدسی مقعر استفاده می کنیم.

۱- Regular Astigmatism

۲- Astigmatism fan

۳- Simple Regular Astigmatism

👉 **توجه:** برای مشخص کردن مشخصات عینک از علائم خاصی استفاده می کنیم که عبارتند از:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sph} \leftarrow \text{عدسی کروی} \\ \text{Cyl} \leftarrow \text{عدسی استوانه ای} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{Ocule Droi} \leftarrow \text{OD (چشم راست)} \\ \text{Ocule Guch} \leftarrow \text{OG (چشم چپ)} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} + \leftarrow \text{دوربین} \\ - \leftarrow \text{نزدیک بین} \end{array} \right\}$$



مثال: عینک برای چشم راست فردی که آستیگماتیسم منظم ساده دوربین دارد.

$$\text{OD} = +5 \text{ Cyl} \times 120^\circ$$

👉 ۱۲۰ یعنی ۳۰ درجه را واضح می بیند و زاویه عدسی باید ۱۲۰ درجه باشد. چون ما می خواهیم خط عمود بر

$$\text{آن را اصلاح کنیم. (} 90 + 30 = 120 \text{)}$$

🕒 **مثال:** عینک برای چشم چپ فردی که آستیگماتیسم منظم ساده دوربین دارد.

$$\text{OG} = +6 \text{ Cyl} \times 100^\circ \text{ (} 10^\circ \text{ درجه را واضح می بیند)}$$

۲- منظم مرکب^۱

در این نوع، هر دو خط تشکیل شده از پرتوهای موازی، خارج از شبکیه هستند. ۲ حالت دارد:

👉 هر دو جلوی شبکیه ⇨ منظم مرکب نزدیک بین

👉 هر دو پشت شبکیه ⇨ منظم مرکب دوربین

اگر فرد به Astigmatism fan نگاه کند ، هیچ خطی را واضح نمی بیند. برای اصلاح آن از ۲ نوع عدسی استفاده می کنیم:

❶ عدسی کروی که به وسیله آن خطوط را عقب یا جلو می کنیم تا یکی از دو خط روی شبکیه بیفتد. وقتی عدسی کروی برای شخص استفاده می کنیم این عدسی هر دو خط را به یک اندازه جابجا می کند (عدسی مثبت به جلو و عدسی منفی به عقب)؛ آنقدر عدسی کروی استفاده می کنیم تا شخص یک سری خطوط را واضح ببیند که در این

صورت مسلماً این خطوط روی شبکه هستند. ② از عدسی استوانه‌ای استفاده می‌کنیم تا خطوط دیگر را هم به روی شبکه منتقل کنیم تا از تقاطع آن دو خط نقطه تشکیل شود.

☑ نکته: در اصلاح این نوع آستیگماتیسم، هر دو عدسی یا مثبتند یا منفی.

◀ توجه: در این نوع عمدتاً قدرت عدسی استوانه‌ای از کروی کمتر است.

🔗 مثال: عینک برای چشم راست فردی که آستیگماتیسم منظم مرکب نزدیک بین دارد.

$$OD = -2 \text{ sph} -5 \text{ cyl} \times 150^\circ$$

۳- منظم مختلط^۱

در این نوع، از پرتوهای موازی ۲ خط تشکیل می‌شود که یکی از خطوط جلو و دیگری پشت شبکه است. برای اصلاح آن، از دو عدسی کروی و استوانه‌ای استفاده می‌کنیم و دو عدسی مختلف علامه هستند.

🔗 مثال: عینک برای چشم راست فردی که آستیگماتیسم منظم مختلط دارد.

$$OD = +5 \text{ sph} -2 \text{ cyl} \times 135^\circ$$

(ب) مایل^۲

در این نوع، افزایش انحناها تدریجی است اما نصف النهارهایی با بیشترین انحنا بر هم عمود نیستند و به صورت مایل قرار می‌گیرند. تشخیص و تجویز عدسی عینک، مانند آستیگماتیسم منظم است و با زاویه ۹۰ درجه جمع بسته می‌شود.

(ج) نامنظم^۳

در این نوع، نه نصف النهارها عمودند و نه افزایش انحناها تدریجی است. بر ۲ گونه است:

① قرنیه‌ای^۴

Mixed Regular Astigmatism -۱

Oblique Astigmatism -۲

Irregular Astigmatism -۳

Keratoconous -۴

در این حالت، ساختار قرنیه، شکل هندسی خاصی ندارد و ممکن است تا حدی دچار برآمدگی و یا فرو رفتگی شده باشد که نتوان شکل هندسی خاصی به آن نسبت داد. برای اصلاح آن از تراش لیزری (لیزیک) یا لنزهای تماسی^۱ استفاده می شود. اگر خراشیدگی در شکل قرنیه خیلی نامنظم باشد، به اجبار از پیوند قرنیه استفاده می شود. برای درمان آن از تلفیق عدسی ها نمی توانیم استفاده کنیم بلکه از لنزهای تماسی بهره می بریم که قالب چشم است و فرورفتگی و برآمدگی با مایعها پر می شود.

برای تشخیص آن از کراتومتری استفاده می کنند. در این روش از صفحه ای بنام دیسک پلاسید یا کراتوسکوپ استفاده می شود که عبارت است از یک سری خطوط تیره و روشن متحد المکز که در وسط آنها منفذی تعبیه شده و تصویر این دوایر روی قرنیه تشکیل می شود. اگر این دایره ها دچار تغییر شکل شوند، علامت آستیگماتیسم نامنظم است.

② عدسی ای^۲

ناشی از مخروطی شدن عدسی که مربوط به سطح قرنیه نیست بلکه عدسی هسته ای شده است. برای اصلاح آن ممکن است عدسی را بردارند.

۵- دوبینی^۳

ابتدا به بررسی نحوه دیدن اجسام با دو چشم (دید دو چشمی) می پردازیم.

◀ دید دو چشمی

نقطه ای که به آن خیره می شویم را Fixation Point گویند. اگر نقطه خیرگی در فاصله ۶ متر و بیشتر باشد پرتوهایی که از جسم می آیند کاملاً موازی اند و در چشم همگرایی^۴ رخ می دهد. اگر از ۶ متر کمتر باشد زاویه ای بوجود می آورند که زاویه متری نام دارد. هر چه این نقطه خیره به چشم نزدیک شود این زاویه بازتر می شود و چشم مجبور است روی نقطه F.P تقارب کند. در واقع زاویه متری زاویه بین خطوط وارد به چشم و نقطه تقارب می باشد.

۱- Contact Lens

۲- Lenticinous

۳- Diplopia

۴- Convergence

دلیل تقارب ناشی از ۳ جفت ماهیچه گرداننده چشم است که شامل یک جفت چپ و راست، یک جفت بالا و پایین و یک جفت هم چشم را کاملاً می چرخاند. این ماهیچه ها تحت تأثیر اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک هستند. در تقارب، ماهیچه های خارجی انبساط و ماهیچه های داخلی انقباض پیدا می کنند. عملکرد ماهیچه های مذکور آگونیست و آنتاگونیست است. وقتی چشم تقارب می کند دو چشم به سمت نقطه Fixation همگرایی داخلی می یابند تا تصویر بر روی شبکیه بیفتد.

نقاط روبروی شبکیه که تصویر ناشی از Fixation یک جسم، بروی آنها می افتد را نقاط قابل انطباق برهم^۱ می گوئیم. این نقاط در دوچشم دقیقاً جای هم اند. اطلاعات ناشی از این نقاط در مراکز مغزی مشخصی، با هم پردازش می شوند. تصویر به صورت دو بعدی روی شبکیه تشکیل می شود و اطلاعات تصویر بوسیله عصب بینایی^۲ به سمت نقاط بالاتر مغز می روند.

☑ عصب بینایی از نقطه کور منشأ می گیرد که سلولهای مخروطی و استوانه ای ندارد.

اعصاب بینایی ابتدا در کیاسمای بینایی Cross می کنند بعد وارد ناحیه شکمی هیپوتالاموس می شوند و در نهایت اطلاعات با هم پردازش می شوند. حاصل پردازش این تصاویر، پدیده جوش تصویر است که از ۲ تصویر دو بعدی، یک تصویر ۳ بعدی بدست می آید. تلفیق تصاویر شبکیه فرآیند جوش تصویری^۳ نام دارد. در فرآیند Fusion یک تصویر سه بعدی در سطوح بالاتر مغزی ایجاد می شود و وضوح تصویر بیشتر می شود.

پس حتماً باید تصاویر در نقاط قابل انطباق بر هم تشکیل شوند تا Fusion مناسب صورت گیرد. اگر یکی از ماهیچه های گرداننده چشم عمل نکند، تصاویر روی نقاط قابل انطباق تشکیل نشده و Fusion مناسب صورت نمی گیرد. در نتیجه فرایند تشکیل تصویر یکباره صورت نمی گیرد و اطلاعات به صورت جداگانه به مغز می رسند. پس ۲ تصویر خواهیم داشت در این صورت دوبینی ایجاد می شود.

لوچی: به افرادی که انحراف چشم دارند یا ماهیچه های چشم درست عمل نمی کنند (افرادی که دچار دوبینی می شوند) چپ یا لوچ^۴ می گویند.

Corresponding Point - ۱

Optic Nerve - ۲

Fusion - ۳

Strabismus - ۴

☑ **نکته:** ماهیچه های چشم میدان دید چشم را نیز کنترل می کنند.

☞ در هنگام دید، ما چیزی که می بینیم روی Fixation Point قرار دارد ولی در میدان دید خود، اجسام اطراف را هم می بینیم. وقتی روی جسم خاصی تقارب می شود نقاط غیر از F.P را که می بینیم، نقاط میدانی یا اوریترا می گویند.

انواع دوبینی

از آنجایی که برای ۲ تصویر ایجاد شده از یک جسم ۲ حالت وجود دارد، پس ۲ نوع دوبینی داریم:

❶ **دوبینی همگرا (همنام):** حالتی که تصویر غیر واقعی قبل از تصویر واقعی (جایی که تصویر باید تشکیل می شده است) باشد.

❷ **دوبینی واگرا (ناهمنام):** حالتی که تصویر غیر واقعی بعد از تصویر واقعی باشد.

اصلاح دوبینی

برای اصلاح دوبینی از منشور قائم الزاویه استفاده می کنیم. همانطور که می دانیم قدرت منشور به رأس منشور بستگی دارد. پس اگر بخواهیم خطوط غیر واقعی را روی واقعی بیندازیم، در دوبینی همنام باید خط غیر واقعی به سمت خارج شکسته شود (قاعده منشور باید به سمت خارج باشد) و در دوبینی ناهمنام باید خط غیر واقعی به سمت داخل شکسته شود. (قاعده منشور باید به سمت داخل باشد)

روش ها و دستگاههای بررسی چشم

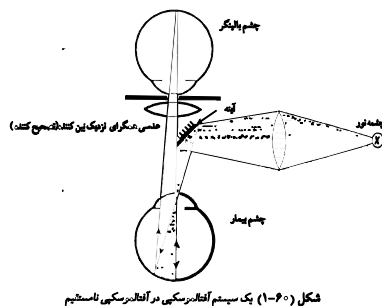
۱- افتالموسکوپ^۱ (ته چشم بین)

دستگاهی که به کمک آن وضعیت ته چشم را مورد بررسی قرار می دهیم. این دستگاه در بررسی وضعیت پیشرفت یک سری از بیماریهای خاص کاربرد دارد. بسیاری از بیماریها اولین نشانه های خود را در نقطه کور بروز می دهند که عصب بینایی از آنجا منشعب می شود و خورسانی از آنجا صورت می گیرد. به عنوان مثال بیماری دیابت با

بررسی نقطه کور تشخیص داده می‌شود. در این بیماری، در ناحیه نقطه کور، تورم عروق باعث تخریب شبکیه می‌شود. ورم کلیه (نفريت)، بیماریهای روماتیسمی، نقرس و فشار خون هم بر چشم تأثیر دارند.

➤ روشهای افتالموسکوپی

📌 **یادآوری:** اگر یک منبع نور از بالا به شبکیه برخورد کند، بازتابهای آن از شبکیه به صورت موازی و در جلوی چشم در کانون اول F_1 ، کانونی می‌شوند. حال برای دیدن ته چشم می‌توان با یافتن F_1 و دیدن آن، ته چشم را دید.



۱- **مستقیم:** در این روش، یک منبع نورانی از بالا به

۲- شبکیه برخورد می‌کند و شخص بازتابها را دریافت

۳- می‌کند. این بازتابها توسط دستگاه گرفته شده و

۴- مستقیماً وارد چشم بالینگر می‌شوند. این بازتابها

۵- تصویر شبکیه بیمار را در داخل چشم بالینگر

۶- تشکیل می‌دهند و بالینگر می‌تواند ته چشم بیمار را ببیند. در این روش فاصله چشم بالینگر و بیمار

حدود ۴ الی ۱۲ سانتی متر است.

☑ **نکته ۱:** اگر چشم سالم باشد، پرتوهای خروجی موازی خواهد بود. ولی اگر دوربین باشد پرتوها واگرا و اگر

نزدیک بین باشد پرتوها همگرا خواهند بود. ولی در هر حالت، پرتوها باید به صورت موازی وارد چشم بالینگر شود.

برای این کار در دستگاه، یک زنجیره از عدسی‌های کروی قرار داده‌اند که در مسیر پرتوهای خروجی قرار می‌گیرند

و پرتوها را موازی می‌کند. اگر شخص دوربین باشد از عدسی محدب و اگر نزدیک بین باشد از عدسی مقعر استفاده

می‌کنند.

☑ **نکته ۲:** مهمترین خصوصیت این روش این است که ناحیه مورد بررسی خیلی کوچک و عمدتاً مربوط به ناحیه

نقطه کور است. بزرگنمایی در این روش خیلی زیاد است (۱۵ برابر).

۲- **غیر مستقیم:** دستگاه دارای لوله اپتیک است. در این روش دو شخص، در فاصله دورتر از هم قرار می‌گیرند.

(۶۰ سانتی متر الی ۱ متر). پرتوها ته چشم بیمار را روشن می‌کند و بازتابها به طور غیر مستقیم وارد چشم

بالینگر می‌شود. یک عدسی محدب در حد فاصل بین دو چشم بالینگر و بیمار قرار می‌گیرد. عدسی، تصویر شبکیه را خارج از چشم بالینگر تشکیل می‌دهد. بالینگر آنقدر دستگاه را جلو و عقب می‌برد تا کانون F_1 چشم خود را در همان محل تشکیل تصویر بیندازد، تا آن را در شبکیه خود انداخته و تصویر را ببیند.

☑ **نکته ۱:** برخلاف نوع مستقیم، ناحیه مورد بررسی بزرگتر است و بزرگنمایی کمتر می‌باشد (۵ برابر).

☑ **نکته ۲:** در روش افتالموسکوپی، برای تشخیص بیماری، از روش مستقیم و برای تجویز از روش غیر مستقیم استفاده می‌کنیم.

۲- قرنیه سنجی^۱

به معنای سنجش انحنا، تحدب یا شعاع قرنیه است. در این روش از تصویری به نام پورکنژ اول استفاده می‌شود. وقتی پرتوها از جسم وارد چشم می‌شوند، به قرنیه برخورد می‌کنند و همه آنها وارد چشم نمی‌شوند، بلکه در حد فاصل قرنیه، برخی از پرتوها بازتاب می‌یابند. امتداد پرتوهای بازتاب یافته، تصویری مستقیم، کوچک تر از جسم و مجازی ایجاد می‌کنند. این تصویر همان هاله سیاهی است که وقتی در چشم فرد دیگری نگاه می‌کنیم، می‌بینیم. چون تصویر، حاصل بازتاب اولیه است به آن پورکنژ اولیه می‌گوییم. (اولیه چون در سایر سطوح هم وجود دارد) شعاع انحنای اولیه تابعی از اندازه پورکنژ اول است. با تغییر اندازه و فاصله جسم و تغییر اندازه تصویر، شعاع انحنای قرنیه را بررسی می‌کنند. کراتومتری یا قرنیه سنجی در تجویز لنزهای قالب چشم استفاده می‌شود.

۳- رتینوسکوپی^۲

ابتدا روشهای تشخیص در پزشکی را با هم مرور می‌کنیم:

➤ روشهای تشخیص در پزشکی

۱- Subjective: تشخیص‌هایی که با گرفتن شرح حال از بیمار به آن می‌رسیم.

۲- Objective: تشخیص‌هایی که به کمک سخت افزار پزشکی انجام می‌شود مثل تکنیکهای سونوگرافی و پزشکی هسته‌ای. در این نوع تشخیص عموماً از تستهای پاراکلینیکی استفاده می‌کنیم. در این روش خود بیمار

۱- Keratometry

۲- Retinoscopy

نمی تواند به شخصه از حالت خود گزارش درستی به ما بدهد. مثلاً در نوزادان از این روش برای بررسی چشم استفاده می شود. در نوزادان که توانایی همکاری با پزشک را ندارند، برای این که از تطابق عدسی جلوگیری شود، از قطره آتروپین استفاده می شود که قدرت انقباض ماهیچه های جسم مژگانی را از بین می برد، سپس عدسی مناسب تجویز می شود.

◀ یکی از روشهای Objective در چشم پزشکی، رتینوسکوپی است. رتینوسکوپی (اسکیاسکوپی یا سایه بینی) روشی است که خود بیمار در آن دخالت ندارد. در این روش، تصویر و لکه رنگی یک لامپ را توسط آینه ها در انتهای چشم فردی می بینیم. با جابجایی آینه ها، لکه و سایه - روشن آن جابجا می شود. از روی میزان و جهت جابجایی می توان تشخیص دور یا نزدیک بینی بیمار را داد.

◀ از موارد استفاده Fusion

استرئوسکوپی : Fusion در این روش استفاده می شود. به طوری که در دستگاه استرئواسکوپ دو جعبه برای تصاویر دو بعدی وجود دارد که دو تصویر را تلفیق می کند و تصویری سه بعدی بوجود می آورد.